

Pengoptimalan Perawatan Deepwell Cargo Pumps untuk Memperlancar Kegiatan Bongkar di MT. Prima Lautan 1

Anita Rahayu¹⁾, Fitri Suprapti²⁾, Kirtyana Nindita³⁾, Widar Bayu Wantoro⁴⁾

^{1,2,3,4)} Politeknik Maritim Negeri Indonesia

Kampus I: Jalan PTP Ngobo, Wringin Putih, Bergas, Kabupaten Semarang 50552

¹⁾email: rahayuanita360@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan penurunan kinerja pada pompa kargo deepwell serta tindakan pemeliharaan yang dilakukan untuk mencegah keterlambatan dalam proses pembongkaran pada kapal MT. Prima Lautan 1. Metode penelitian yang diterapkan adalah kualitatif deskriptif dengan pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka selama kegiatan praktik di laut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor utama yang menyebabkan keterlambatan dalam proses bongkar di MT Prima Lautan 1. Kinerja pompa kargo deepwell pada Prima Lautan 1 kurang memadai dan perawatan yang dilakukan terhadap pompa kargo deepwell juga tidak optimal. Selain aspek teknis, ditemukan bahwa minimnya pemahaman kru kapal mengenai prosedur perawatan juga memperburuk kerusakan. Untuk mengatasi masalah ini, dapat dilakukan serangkaian langkah, seperti perawatan dan pemberian oli pelumas pada pompa kargo deepwell yang dapat meningkatkan kinerjanya. Penerapan sistem perawatan yang terencana (Planned Maintenance System) sesuai dengan buku manual dan SMS perusahaan secara konsisten dapat meningkatkan efisiensi serta keselamatan operasional kapal. Oleh karena itu, penelitian ini menegaskan pentingnya melakukan perawatan preventif dan pelatihan yang terus-menerus bagi tim kapal untuk mengurangi risiko kerusakan dan keterlambatan dalam operasional.

Kata Kunci: deepwell cargo pumps, perawatan, shaft

Abstract

This study aims to identify factors causing decreased performance of the deepwell cargo pump and the maintenance measures taken to prevent delays in the unloading process on the MT Prima Lautan 1. The research method used was qualitative descriptive, with data collected through observation, interviews, and literature review during practical activities at sea. The results showed that the main factors causing delays in the unloading process on the MT Prima Lautan 1 were inadequate performance of the deepwell cargo pump, and suboptimal maintenance. In addition to technical aspects, it was found that the crew's lack of understanding of maintenance procedures also exacerbated the damage. To address this problem, a series of steps can be taken, such as maintenance and lubricating the deepwell cargo pump, which can improve its performance. Consistent implementation of a planned maintenance system in accordance with the manual and company's SMS can improve the efficiency and safety of ship operations. Therefore, this study emphasizes the importance of preventive maintenance and ongoing training for ship crews to reduce the risk of damage and operational delays.

Keywords: deepwell cargo pumps, maintenance, shaft

1. PENDAHULUAN

Keluhan yang muncul bisa bersifat subjektif, seperti mata terasa merah, gatal, perih, terasa panas, dan berkurangnya energi nasional, terutama dalam distribusi Liquefied Petroleum Gas (LPG) sebagai salah satu sumber energi utama bagi sektor domestik dan industri. Mata terasa merah, gatal, perih, dan panas, serta terdapat perasaan seperti rantai pasokan yang terganggu, sekaligus mengalami sedikit keluhan subjektif lainnya. Selain itu, keberadaan transportasi laut yang aman, andal, dan efisien juga menjadi salah satu faktor yang mendukung pengalaman secara keseluruhan. Namun, penggunaan kapal yang sepenuhnya dilengkapi dengan sistem pendingin semakin umum karena kemampuannya dalam mempertahankan LPG dalam kondisi tekanan rendah dan suhu yang sangat dingin, sehingga meningkatkan stabilitas serta keselamatan dalam pengangkutan (IMO, 2020). Meskipun demikian, kapal pengangkut LPG tetap harus mematuhi standar keselamatan internasional seperti Konvensi Internasional untuk Keselamatan Hidup di Laut (SOLAS) dan Kode Internasional Kapal Gas (IGC), yang menjelaskan aturan tentang konstruksi kapal, sistem keselamatan, perlindungan terhadap kebakaran, serta peralatan pendukung dalam pengangkutan gas cair (IMO, 2020). Keluhan yang dirasakan subjektif tersebut meliputi mata terasa merah, gatal, perih, dan panas. Selain itu, proses pengangkutan LPG berlangsung dengan tingkat keselamatan yang tinggi. Keluhan subjektif yang mungkin dialami oleh seseorang seperti mata terasa merah, gatal, perih, panas, dan beratan terjadi pada kapal LPG. Hal ini disebabkan oleh deepwell cargo pumps, yaitu pompa sentrifugal dengan shaft yang panjang, yang bekerja di dalam tangki untuk mengalirkan kargo dari dasar tangki menuju pipa discharge. Namun, pompa ini beroperasi dalam kondisi ekstrem, seperti suhu muatan yang mencapai -48°C untuk propana dan -10°C untuk butana (Tjahjanto & Perdana).

Dalam kondisi tersebut, performa pompa deepwell sangat bergantung pada keandalan komponen mekanis dan sistem pendukungnya. Namun, beberapa masalah seperti pembekuan shaft, ketidaksesuaian tekanan, kebisingan mekanis, serta kemacetan pompa dapat menghambat proses discharge (Bintang et al., 2026). Selain faktor teknis, aspek manajemen pemeliharaan juga memiliki pengaruh yang signifikan. Beberapa kasus keterlambatan dalam pengangkutan muatan di kapal LPG terjadi karena pengelolaan yang tidak sesuai dengan prosedur yang berlaku, kurangnya inspeksi rutin, serta catatan perawatan yang tidak lengkap, seperti yang dicatat oleh Sumarno dan timnya pada tahun 2022. Selain gejala subjektif seperti mata terasa merah, gatal, perih, dan panas, faktor lain yang juga berperan dalam keberhasilan operasi bongkar adalah tim teknis yang menjadi pendukung 1 yang menentukan keberhasilan operasi bongkar. Berdasarkan kondisi operasional di MT. Pada Prima Lautan 1 terjadi penurunan kinerja pompa muatan deepwell, terutama terlihat dari seringnya pompa deepwell mengalami gangguan, yang menyebabkan proses penurunan muatan menjadi lebih lambat.

Namun demikian, hal ini menjadi dasar dilakukannya penelitian untuk menganalisis penyebab penurunan kinerja, mengevaluasi proses perawatan pompa, serta merancang langkah-langkah optimisasi yang dapat diterapkan dalam operasi di masa depan. Berdasarkan kondisi operasional di MT. Di Prima Lautan 1 terjadi penurunan kinerja pompa muatan deepwell, di mana pompa tersebut sering mengalami gangguan, sehingga menyebabkan proses pembongkaran dan pemuatan menjadi lebih lambat. Hal ini keluhan yang muncul bisa bersifat subjektif, seperti mata terasa merah, gatal, terbakar, atau panas. Perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui penyebab penurunan performa, mengevaluasi perawatan pompa, serta menyusun langkah-langkah optimalisasi yang dapat diterapkan dalam operasi selanjutnya. Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk membahas permasalahan mengenai kinerja deepwell cargo pumps yang tidak optimal saat ini melaksanakan bongkar muatan di atas kapal.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif untuk menjelaskan fenomena Perawatan Deepwell Cargo Pumps. Penelitian ini dilakukan dengan mengumpulkan data di lokasi selama penulis melakukan praktik laut, didukung oleh pengamatan langsung, wawancara yang mendalam, pendokumentasian, serta studi pustaka. Namun demikian, jemaat juga menilai bahwa masih terdapat pelayan yang hanya fokus pada tugas tertentu, kurang terbuka terhadap kritik, dan tidak dapat dikuantifikasi secara numerik.

2.1 Objek Penelitian

Dalam menyelesaikan tugas akhir ini, penulis menyertakan topik penelitian yang menjadi pusat perhatian dalam penelitian tersebut. Kecemasan dalam penelitian ini dapat berupa keluhan subjektif seperti mata terasa merah, gatal, perih, panas, atau petugas yang menjadi objek penelitian. Namun demikian, jemaat dalam penulisan ini juga menilai bahwa masih terdapat personil atau petugas yang hanya fokus pada tugas tertentu, yaitu deepwell cargo pump, dan kurang terbuka terhadap kritik. Karena dalam penelitian ini penulis menganggap populasi sebagai objek yang diteliti, maka penulis tidak menggunakan sampel dari penelitian ini. Populasi yang digunakan adalah yang bersifat representatif atau mewakili, dan penulis menjadikannya sebagai objek penelitian yaitu seluruh personel kapal, mulai dari nahkoda hingga awak kapal, yang bekerja di atas kapal milik perusahaan Soechi Lines Pte yaitu di atas MT. Prima Lautan 1.

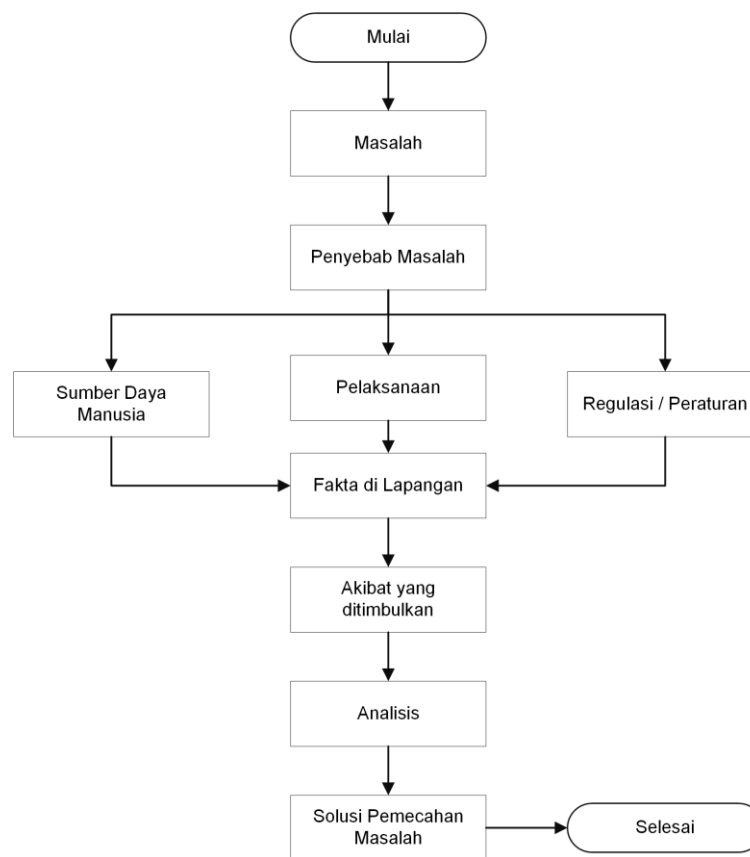
2.2 Perlakuan Pada Objek Penelitian

Penelitian masih dilakukan dengan pendekatan naturalistik, di mana peneliti tidak melakukan intervensi, tetapi hanya mengamati dan mencatat fakta sebagaimana adanya. Dalam penelitian ini digunakan dua jenis variabel:

- Kerusakan pada mata dapat berupa keluhan subjektif seperti mata terasa merah, gatal, perih, dan panas. Standar Operating Procedure (SOP) yang seharusnya diterapkan berdasarkan regulasi internasional seperti SOLAS Chapter VI.
- Namun demikian, jemaat juga menilai bahwa masih terdapat faktor-faktor yang memengaruhi proses, yaitu faktor manusia (Man), faktor mesin (Machine), dan faktor material (Material).
- Keluhan subjektif yang muncul selama proses dapat mencakup rasa sakit, gatal, panas, atau mata terasa perih. Perihal ini bisa terjadi karena variasi kondisi selama proses pemuatan kargo.

2.3 Metode dan Prosedur Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan pendekatan deskriptif guna memperoleh gambaran yang mendalam mengenai fenomena yang diteliti. Penelitian dipahami sebagai suatu proses yang sistematis melalui tahapan-tahapan logis untuk mendapatkan pemahaman secara komprehensif terhadap suatu permasalahan (Syahrizal & Jailani, 2023). Pendekatan deskriptif kualitatif berfokus pada kajian terhadap peristiwa serta tindakan sosial yang berlangsung secara alami, dengan menitikberatkan pada cara individu memaknai dan memahami pengalaman yang mereka alami. Pendekatan ini bertujuan untuk menggali realitas sosial secara mendalam agar individu mampu mengenali sekaligus menyelesaikan masalah yang dihadapi sesuai dengan sudut pandang dan konteks mereka masing-masing (Ruhansih, 2017). Alur penelitian seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pikir

Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini meliputi: Observasi partisipatif, yaitu melakukan pengamatan langsung terhadap proses pemuatan, Wawancara tidak terstruktur dengan beberapa narasumber, seperti nakhoda, perwira dek, bosun, dan kru kapal, Dokumentasi, berupa pengumpulan data kapal, foto, serta video kegiatan pemuatan, Studi pustaka yang bersumber dari regulasi keselamatan maritim dan jurnal ilmiah terkait.

Analisis data dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu reduksi data, penyajian data secara naratif, serta penarikan kesimpulan dan verifikasi data. Selain itu, analisis juga dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang menjadi hambatan dalam proses bongkar muat gas LPG di kapal MT. Prima Lautan 1.

Perangkat dokumentasi, seperti buku catatan lapangan, kamera, dan smartphone. Selain itu, penelitian ini juga memanfaatkan referensi dari peraturan internasional, yaitu SOLAS 1974 dan IMO CSS CODE 1991, sebagai dasar dalam melakukan analisis. Seluruh alat dan bahan tersebut berfungsi sebagai sarana pendukung penelitian dan tidak memerlukan penjelasan teknis secara rinci, karena penelitian ini lebih menitikberatkan pada proses penelitian serta analisis data kualitatif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Temuan Penelitian

Berdasarkan pengalaman selama penulis menjalani praktek di MT. Prima Lautan 1 dialami beberapa kejadian yang dianggap menimbulkan kerusakan pada deepwell cargo pumps dan oleh penulis dapat dijadikan sebagai hal yang mendasari penyusunan tugas akhir ini. Adapun kejadian – kejadiannya adalah sebagai berikut:

Pada tanggal 24 Januari 2025, kapal melaksanakan kegiatan pemuatan muatan butane dan propane melalui metode Ship to Ship (STS). Proses pemuatan berlangsung selama kurang lebih 10 jam. Setelah kegiatan muat selesai, kapal berlayar dari Teluk Semangka menuju Pelabuhan Tanjung Priok. Selama pelayaran yang memakan waktu sekitar 13 jam tersebut, kapal menjalankan proses reliquefaction plant guna menjaga suhu dan tekanan muatan di dalam tangki tetap stabil. Proses reliquefaction plant dimulai dengan pengoperasian kompresor muatan yang berfungsi menyedot vapour dari dalam tangki muatan, kemudian mengompresinya menjadi gas panas bertekanan tinggi sebelum dialirkan menuju kondensor. Di dalam kondensor, gas panas tersebut didinginkan menggunakan media air laut sehingga berubah menjadi cairan dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan suhu muatan di dalam tangki. Cairan tersebut kemudian dialirkan menuju expansion valve untuk menurunkan tekanannya sebelum dikembalikan ke dalam tangki dalam bentuk spray melalui top spray line maupun bottom spray line. Sesampainya di Jakarta, kapal melakukan lego jangkar dan proses reliquefaction plant tetap dijalankan selama kapal berada di area anchorage. Pada tanggal 19 Januari 2025 pukul 05.30, kapal bergerak menuju Pelabuhan Tanjung Priok untuk persiapan sandar. Dengan bantuan pandu, kapal berhasil disandarkan dengan aman di pelabuhan. Setelah seluruh prosedur penyandaran selesai dilakukan, kapal mulai mempersiapkan kegiatan bongkar muatan. Salah satu peralatan utama yang dipersiapkan dalam kegiatan tersebut adalah Deepwell Cargo Pumps sehingga kapal dinyatakan siap melaksanakan operasi pembongkaran. Kegiatan bongkar muatan dimulai pada pukul 09.18 waktu setempat. Setelah berlangsung selama sebelas jam, tepatnya pada pukul 21.00 saat jam jaga Mualim III, di mana cadet turut mengikuti kegiatan jaga operasi bongkar muatan, terjadi gangguan pada deepwell cargo pump sebelah kanan di tangki nomor satu. Pompa tersebut mengeluarkan asap disertai suara keras. Jurumudi jaga yang melihat kejadian tersebut segera menuju CCR (Cargo Control Room) dan melaporkan kondisi tersebut kepada Mualim III.

Setelah menerima laporan, Mualim III segera menuju tangki nomor satu kanan dan mematikan deepwell cargo pump sebelah kanan secara manual. Selanjutnya, Mualim III menghubungi Mualim I, gas engineer, dan pihak terminal menggunakan VHF portable untuk menginformasikan insiden yang terjadi di atas kapal. Tidak lama kemudian, pihak terminal naik ke kapal dan melakukan diskusi dengan Mualim I. Hasil diskusi tersebut menyepakati bahwa kegiatan bongkar muatan tetap dilanjutkan dengan menggunakan dua pompa, yaitu pompa kiri dan kanan pada tangki nomor tiga, sedangkan pompa kiri dan kanan pada tangki nomor satu dihentikan sementara sampai pompa yang mengalami kerusakan selesai diperbaiki.

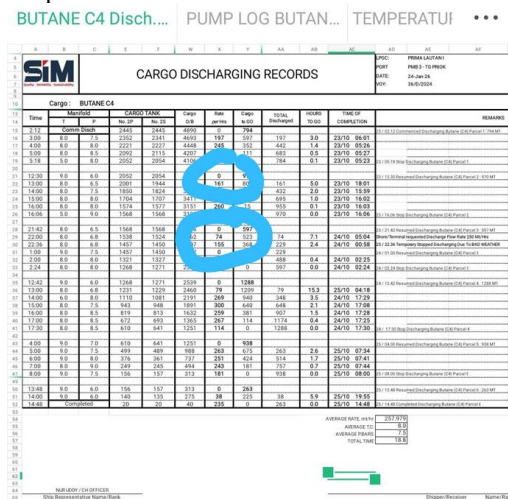
Pada tanggal 29 Januari 2025, setelah selesai melaksanakan kegiatan pemuatan muatan, kapal berlayar dari Teluk Semangka menuju Pelabuhan Tanjung Sekong. Pelayaran menuju Merak ditempuh selama kurang lebih enam jam. Kapal tiba di pelabuhan tujuan pada pukul 14.00 waktu setempat dan segera menggunakan jasa pandu setempat untuk proses penyandaran. Setelah kapal berhasil sandar, pihak terminal meminta awak kapal untuk segera melakukan persiapan bongkar muatan dengan menyambungkan cargo arm yang berada di dermaga ke cargo manifold kapal. Kegiatan tersebut dilakukan di bawah pengawasan mualim jaga, yang pada saat itu dijalankan oleh Mualim II. Setelah seluruh persiapan selesai, proses bongkar muatan langsung dimulai. Ketika kegiatan bongkar muatan pada tangki nomor dua telah berlangsung selama lima jam, tepatnya pukul 20.24, Mualim III sedang melaksanakan dinas jaga bersama cadet dan AB jaga. Sebelum operasi bongkar muatan dimulai, Mualim II sebelumnya telah menginstruksikan AB jaga untuk memutar shaft pada setiap deepwell cargo pump minimal sebanyak sepuluh kali putaran. Instruksi tersebut bertujuan untuk mencegah terjadinya pembekuan (freezing) pada bagian suction shaft deepwell cargo pump. Namun, dalam pelaksanaannya AB jaga tidak menjalankan instruksi tersebut, dan Mualim II juga tidak melakukan pengawasan terhadap pelaksanaannya. Akibatnya, salah satu pompa pada tangki nomor dua sebelah kiri mengalami stuck atau macet pada bagian shaft ketika hendak dioperasikan. Pada saat kejadian, cadet bersama Mualim III kembali melakukan pemeriksaan terhadap deepwell cargo pump di tangki nomor dua kiri yang mengalami kemacetan. Setelah sekitar 45 menit, shaft deepwell cargo pump kembali normal. Selanjutnya, cadet mendapat instruksi dari Mualim III untuk menjalankan kembali pompa tersebut di bawah pengawasan langsung. Tahap awal pengoperasian dilakukan dengan memutar shaft deepwell cargo pump searah jarum jam guna memastikan shaft dapat berputar dengan baik. Setelah itu, discharge valve dibuka dan ditutup sedikit demi sedikit untuk mencegah kemacetan saat valve dibuka ketika pompa mulai dioperasikan. Setelah

prosedur tersebut selesai dilakukan sesuai prosedur standar, cadet membuka hydraulic liquid valve dan kemudian menyalakan deepwell cargo pump. Tidak lama setelah pompa dijalankan, terdengar suara bising dari motor pompa. Ketika discharge valve dibuka secara perlahan, terjadi lonjakan tekanan discharge yang cukup besar sehingga menimbulkan tekanan berlebih pada loading arm. Kondisi tersebut menyebabkan loading arm mengalami guncangan keras dan mengakibatkan kebocoran pada sambungan loading arm dengan manifold kapal. Mengetahui kejadian tersebut, Mualim III segera mematikan deepwell cargo pump dan melaporkan kondisi tersebut kepada Mualim I serta pihak darat yang bertanggung jawab terhadap operasi bongkar muatan. Beberapa saat kemudian, jetty man datang untuk memeriksa kondisi loading arm yang masih terhubung dengan manifold kapal. Setelah dilakukan pemeriksaan, diputuskan bahwa proses bongkar muatan harus ditunda sementara untuk perbaikan loading arm. Setelah penundaan selama lima jam, Mualim I dan loading master memberikan instruksi untuk melanjutkan kembali kegiatan bongkar muatan. Operasi bongkar muatan kemudian diteruskan hanya dengan menggunakan satu deepwell cargo pump. Sementara itu, proses bongkar muatan pada tangki nomor dua sebelah kiri dilakukan dengan memanfaatkan tekanan dari cargo compressor yang dialirkan melalui liquid line di dasar tangki tanpa menggunakan deepwell cargo pump. Mualim I dan Gas Engineer bersama kru kapal lainnya kemudian melakukan perbaikan terhadap deepwell cargo pump pada tangki nomor dua kiri. Setelah proses perbaikan berlangsung selama kurang lebih dua jam, pompa tersebut akhirnya dapat dioperasikan kembali sehingga kegiatan bongkar muatan dapat berjalan normal seperti semula.

3.2 Pembahasan

Penelitian ini mengkaji penurunan kinerja deepwell cargo pump pada kegiatan bongkar muat di MT. Prima Lautan 1 melalui observasi, wawancara, dan studi pustaka.

a. Penyebab Penurunan Kinerja Pompa



Gambar 2. Penurunan flow rate

Penurunan kinerja ditandai dengan turunnya flow rate, meningkatnya waktu bongkar, serta munculnya getaran dan suara abnormal. Penyebab utamanya meliputi: Terjadinya keausan komponen (impeller, shaft, bearing, seal), Putaran motor tidak stabil akibat suplai listrik atau pengaturan yang kurang tepat. Kurangnya perawatan berkala (maintenance). Pengoperasian yang tidak sesuai prosedur. Kelalaian awak kapal dan kurang optimalnya pengaturan valve serta cargo line. Faktor lain seperti tekanan tank, sistem inert gas, kebersihan strainer, serta perubahan trim kapal. Berdasarkan teori, juga dipengaruhi oleh penyumbatan, kebocoran seal, viskositas muatan, korosi, serta desain dan material pompa. Pompa deepwell cargo seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Deepwell cargo pump

b. Pentingnya Perawatan Sesuai Manual Book dan SMS

Pelaksanaan perawatan sesuai manual book dan Safety Management System (SMS) terbukti meningkatkan kinerja pompa dengan: Menjaga stabilitas tekanan dan aliran. Mengurangi kerusakan dan downtime. Memperpanjang menggunakan pompa. Meningkatkan keselamatan kerja.

Perawatan dilakukan melalui inspeksi rutin (harian, mingguan, bulanan), overhaul tahunan, serta pelatihan kru. SMS memastikan perawatan berjalan sistematis, aman, dan terdokumentasi. Kegiatan perawatan seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pelaksanaan Perawatan

c. Upaya Optimalisasi

Untuk mencegah gangguan operasional, dilakukan: Optimalisasi teknis: balancing, alignment, perawatan bearing & seal, pembersihan pompa. Optimalisasi operasional: prosedur start/stop yang benar, kontrol flow & pressure, pelatihan operator. Monitoring: penggunaan sensor getaran, suhu, serta condition-based maintenance. Koordinasi antar departemen dan penerapan PMS secara konsisten.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian selama melaksanakan praktik laut di MT. Prima Lautan 1, dapat disimpulkan bahwa menurunnya kinerja deepwell cargo pump pada kegiatan bongkar muat dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik teknis, operasional, maupun manajerial. Penurunan tersebut ditunjukkan oleh berkurangnya kapasitas aliran, meningkatnya durasi bongkar muat, serta munculnya getaran dan suara abnormal pada pompa. Kondisi ini disebabkan oleh keausan komponen pompa, ketidakstabilan motor penggerak, pelaksanaan perawatan yang kurang optimal, serta pengoperasian yang belum sepenuhnya mengikuti prosedur yang berlaku.

Penerapan prosedur perawatan yang mengacu pada manual book pabrikan dan Safety Management System (SMS) perusahaan terbukti dapat meningkatkan performa deepwell cargo pump melalui kegiatan perawatan yang dilakukan secara terencana, terdokumentasi, dan disiplin. Selain itu, optimalisasi kinerja pompa juga dapat dicapai melalui peningkatan kualitas perawatan teknis, pengendalian operasional yang lebih baik, serta penerapan sistem monitoring dan condition-based maintenance. Dukungan Planned Maintenance System (PMS), peningkatan kompetensi awak kapal melalui pelatihan, serta kepatuhan terhadap SMS perusahaan menjadi faktor penting dalam mencegah terjadinya gangguan operasional dan menjaga kinerja pompa agar tetap optimal secara berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam proses penyusunan artikel ilmiah ini. Penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya juga disampaikan kepada seluruh kru MT. Prima Lautan 1 atas bantuan dan kerja sama yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Amir, F., Novianda, N., & Maulan, R. (2020). Sistem Pendeteksi Kebocoran Liquefied Petroleum Gas Menggunakan Metode Fuzzy Logic Mamdani Berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Universitas Muhammadiyah Jakarta*, 12(2), 151–158. <https://dx.doi.org/10.24853/jurtek.12.2.151-158>
- Bintang, G., Putra, S., Dahri, M., & Lestari, E. D. (2026). Optimalisasi Penggunaan Safety Equipment Saat Tank Cleaning Guna Mengurangi Resiko Kecelakaan Kerja Di MT . *Arahan*. 4(4), 2021–2026.
- Handayani, H., Faturrohman, M. I., Prastanto, H., Ramadhan, A., & Kinasih, N. A. (2018). Sifat Mekanik Rubber Seal

- Katup Tabung Gas Lpg Pada Variasi Ukuran Dan Dosis Silika. *Jurnal Penelitian Karet*, 36(1), 77–88.
<https://doi.org/10.22302/ppk.jpk.v36i1.435>
- IMO. (2020). *Research Design*.pdf.
- Jufrizal, J., Mawardi, M., & Ramadhan, F. (2022). Uji Kinerja Burner LPG Mesin Stirling dengan Variasi Tekanan Bahan Bakar. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 1(2), 1–4.
<https://doi.org/10.56862/irajtma.v1i2.18>
- Laverick, C. (2018). The International Safety Management (ISM) Code 2002: A Failed Attempt to Regulate the Safety Culture of the International Maritime Community? Conference Paper for the 2018 Law & Society Association Annual Meeting, June, 7–10.
[https://www.researchgate.net/publication/325741943_The_International_Safety_Management_ISM_Code_2002_A_failed_attempt_to_regulate_the_safety_culture_of_the_international_maritime_community#:~:text=The International Safety Management \(ISM\) Code 2002 was ad Lavery, H. I. \(1990\). Shipboard Operations.](https://www.researchgate.net/publication/325741943_The_International_Safety_Management_ISM_Code_2002_A_failed_attempt_to_regulate_the_safety_culture_of_the_international_maritime_community#:~:text=The International Safety Management (ISM) Code 2002 was ad Lavery, H. I. (1990). Shipboard Operations.)
- Muhajirin, Risnita, & Asrulla. (2024). Pendekatan penelitian kuantitatif dan kualitatif serta tahapan penelitian Muhajirin. *Journal Genta Mulia*, 15(1), 82–92.
- Sumarno et al. (2022). *Shipboard Operations*. 1(2).
- Tjahjanto, R., & Perdana, F. W. (2024). *BASIC LNG*. 2(4), 501–512.